

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ช
รายการรูปประกอบ	ซ
รายการสัญลักษณ์	ญ
ประมวลศัพท์และคำย่อ	ฎ
<b>บทที่</b>	
<b>1. บทนำ</b>	<b>1</b>
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 แนวทางการดำเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	<b>4</b>
2.1 หน้าสัมผัสไฟฟ้า	4
2.2 การจำแนกประเภทของวัสดุหน้าสัมผัสไฟฟ้า	4
2.2.1 การจำแนกประเภทของวัสดุหน้าสัมผัสไฟฟ้า	4
2.2.2 การแบ่งตามส่วนผสมของโลหะหลัก	5
2.2.3 การแบ่งตามกำลังไฟฟ้า	12
2.3 กระบวนการผลิตโลหะหน้าสัมผัสไฟฟ้า	12
2.3.1 กระบวนการหล่อและขึ้นรูป (Casting and Forming)	12
2.3.2 กระบวนการออกซิเดชันภายใน	12
2.3.3 กระบวนการโลหะผง (Powder Metallurgy)	15
2.4 วัสดุสำหรับงานวิจัย	17
2.4.1 โลหะเงิน (Ag)	17
2.4.2 ดินบุกออกไซด์ (SnO <sub>2</sub> )	17
2.4.3 สังกะสีออกไซด์ (ZnO)	18

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4.4 ทองแดงออกไซด์ (CuO)	18
2.5 การตรวจสอบการนำไฟฟ้า	19
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	22
<b>3. ขั้นตอนการดำเนินงาน</b>	<b>25</b>
3.1 วัตถุประสงค์	25
3.2 การเตรียมชิ้นงานโลหะเงินผสมโลหะออกไซด์	26
3.3 การตรวจสอบความหนาแน่น	28
3.4 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค	29
3.5 การทดสอบความแข็ง	29
3.6 การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า	30
3.7 การทดสอบการสึกหรอ	31
<b>4. ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง</b>	<b>32</b>
4.1 ผลการตรวจสอบความหนาแน่น	32
4.2 ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค	32
4.3 ผลการทดสอบความแข็ง	36
4.4 การตรวจสอบค่าการนำไฟฟ้า	37
4.5 การทดสอบการอาร์ค	39
<b>5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ</b>	<b>43</b>
5.1 สรุปผลการทดลอง	43
5.2 ข้อเสนอแนะ	44
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>45</b>
<b>ภาคผนวก</b>	
ก. การกระจายตัวและขนาดของผงโลหะ	47
ข. ตารางความหนาแน่นของน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่างๆ	53
ค. ผลงาน	55

## รายการตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติของโลหะ	10
2.2 ค่าการนำไฟฟ้าของโลหะชนิดต่างๆที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	20
2.3 ค่า Temperature Resistivity Coefficients ของโลหะ	22
4.1 ความหนาแน่นชิ้นงานโลหะเงินผสมโลหะออกไซด์ที่กระบวนการขึ้นรูปต่างๆ	33
4.2 ผลการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของชิ้นงานโลหะเงินผสมโลหะออกไซด์	36
4.3 ความแข็งชิ้นงานโลหะเงินผสมโลหะออกไซด์หลังผ่านการชินเทอร์ริงและอัดขึ้นรูปซ้ำ	37
4.4 ค่าการนำไฟฟ้าชิ้นงานโลหะเงินผสมโลหะออกไซด์หลังผ่านการชินเทอร์ริงและอัดขึ้นรูปซ้ำ	38
4.5 ผลต่างของน้ำหนักโลหะเงินผสมโลหะออกไซด์หลังผ่านการทดสอบการอาร์ค	41
4.6 ส่วนผสมทางเคมีบริเวณรอยอาร์คของโลหะเงินผสมโลหะออกไซด์	41
ก1 การกระจายตัวของผงโลหะเงิน	48
ก2 การกระจายตัวของผงโลหะออกไซด์	49
ข 1 ค่าความหนาแน่นของน้ำกลั่นที่อุณหภูมิต่างๆ	54

## รายการรูปประกอบ

รูปที่	หน้า
2.1 การแบ่งชนิดของวัสดุที่นำมาใช้ทำหน้าสัมผัสตามลักษณะส่วนผสมองค์ประกอบ	6
2.2 อิทธิพลของธาตุผสมที่มีต่อความต้านทานกระแสไฟฟ้าต่อโลหะเงิน	7
2.3 ปริมาณธาตุผสมที่มีผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของทองแดง	8
2.4 การนำไฟฟ้าของโลหะเงินผสมและโลหะเงินผสมออกไซด์	11
2.5 กระบวนการผลิตโลหะหน้าสัมผัสไฟฟ้าแบบกระบวนการออกซิเดชันภายใน	13
2.6 การผลิตหน้าสัมผัสไฟฟ้าด้วยกระบวนการ Post Oxidation	14
2.7 การผลิตหน้าสัมผัสไฟฟ้าด้วยกระบวนการ One Sided Oxidation	15
2.8 การผลิตหน้าสัมผัสไฟฟ้าด้วยกระบวนการ โลหะผง	16
3.1 ผงวัตถุดิบ	25
3.2 ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานโลหะเงินผสมโลหะออกไซด์	26
3.3 ชุดเครื่องผสมผงโลหะ	27
3.4 เครื่องอัดขึ้นรูปและชุดแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปผงโลหะ	27
3.5 เครื่องอัดขึ้นรูปขนาด 50 ตัน	28
3.6 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	29
3.7 เครื่องทดสอบความแข็งแบบจุลภาค	30
3.8 เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า	30
3.9 เครื่อง Electric Discharge Machine	31
4.1 โครงสร้างจุลภาคชิ้นงานโลหะเงินผสมโลหะออกไซด์ หลังผ่านการอัดขึ้นรูปซินเทอร์ริง และอัดขึ้นรูปซ้ำ (ก) Ag-5SnO <sub>2</sub> , (ข) Ag-5ZnO, (ค) Ag-5CuO, (ง) Ag-10SnO <sub>2</sub> , (จ)Ag-10ZnO และ (ฉ) Ag-10CuO	33
4.2 ค่าการนำไฟฟ้าของโลหะเงินผสมโลหะออกไซด์หลังผ่านการอัดขึ้นรูปซ้ำ	38
4.3 รอยอาร์คของโลหะเงินผสมโลหะออกไซด์ (ก) Ag-5SnO <sub>2</sub> , (ข) Ag-5ZnO, (ค) Ag-5CuO, (ง) Ag-10SnO <sub>2</sub> , (จ)Ag-10ZnO และ (ฉ) Ag-10CuO	40
4.4 ตำแหน่งการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีรอยอาร์ค (ก) Ag-5SnO <sub>2</sub> , (ข) Ag-5ZnO, (ค) Ag-5CuO, (ง) Ag-10SnO <sub>2</sub> , (จ)Ag-10ZnO และ (ฉ) Ag-10CuO	42
ก1 การกระจายตัวของผงโลหะเงิน	48
ก2 ผงโลหะเงิน	49
ก3 การกระจายตัวของผงโลหะดีบุกออกไซด์ (SnO <sub>2</sub> )	50

## รายการรูปประกอบ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
ก4 การกระจายตัวของผงโลหะสังกะสีออกไซด์ (ZnO)	50
ก5 การกระจายตัวของผงโลหะทองแดงออกไซด์ (CuO)	51
ก6 ผงโลหะดีบุกออกไซด์ (SnO <sub>2</sub> )	51
ก7 ผงโลหะสังกะสีออกไซด์ (ZnO)	52
ก8 ผงโลหะทองแดงออกไซด์ (CuO)	52

รายการสัญลักษณ์

$i$	=	กระแสไฟฟ้า
$V$	=	ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า
$R$	=	ความต้านทานของขดลวด
$\rho$	=	สภาพต้านทานไฟฟ้า
$A$	=	พื้นที่หน้าตัดของลวดตัวนำ
$l$	=	ความยาวของลวดตัวนำ
$\delta$	=	สภาพการนำไฟฟ้า
$\rho_{0,c}$	=	ค่าสภาพต้านทานทางไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส
$\alpha_T$	=	Temperature Resistivity Coefficients
$T$	=	อุณหภูมิของโลหะ
$^{\circ}C$	=	องศาเซลเซียส
%wt	=	ร้อยละโดยน้ำหนัก
$g/cm^3$	=	กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

**ประมวลศัพท์และคำย่อ**

%IACS	=	International Annealed Copper Standard
EDM	=	Electric Discharge Machining
EDS	=	Energy Dispersive Spectrometer
XRD	=	X-ray Diffractometer
HV	=	Vicker' Hardness
Archimedes's Method	=	การตรวจสอบความหนาแน่นแบบแทนที่น้ำ
Internal Oxidation Process	=	กระบวนการออกซิเดชันภายใน
Sintering	=	กระบวนการซินเทอริง
Repressing	=	การอัดขึ้นรูปซ้ำ
Sintered Density	=	ความหนาแน่นหลังการซินเทอริง
Re-press Density	=	ความหนาแน่นหลังการอัดขึ้นรูปซ้ำ
Theoretical Density	=	ความหนาแน่นตามคำนวณ
Relative Density	=	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นการอัดขึ้นรูปซ้ำกับความหนาแน่นตามคำนวณ
Electrical Conductivity	=	ความสามารถนำไฟฟ้า, การนำไฟฟ้า
Electrical Resistance	=	ความต้านทานไฟฟ้า
Chemical Composition	=	ส่วนผสมทางเคมี
Microhardness Tester	=	การทดสอบแบบความแข็งแบบจุลภาค